

EFFECTO DE LA EXPOSICIÓN A CAMPOS MAGNÉTICOS ESTACIONARIOS DE 125 mT y 250 mT EN LA GERMINACIÓN DE SEMILLAS DE GUISANTE

Maqueda R.¹

Tutor: Martínez E.¹

¹Departamento de Física y Mecánica. E.T.S.I. Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid.
Dirección. E-mail: mmaqueda@mapa.es

RESUMEN

El objetivo principal de este estudio es conocer los efectos que la acción de un campo magnético artificial estacionario tiene sobre la germinación de semillas de guisante. Para ello, se ha determinado y cuantificado el posible aumento en la velocidad germinativa de semillas de guisante que han sido sometidas a la acción de un campo magnético estacionario de 125 mT y 250 mT durante diferentes tiempos de exposición (1 minuto, 10 minutos, 20 minutos, 1 hora, 24 horas y exposición crónica). Los parámetros utilizados han sido: porcentaje de semillas germinadas ($G_{m\acute{a}x}$), tiempo medio de germinación (TMG) y tiempo necesario para que germine el 1, 10, 25, 50, 75 y 90 % de las semillas utilizadas en cada tratamiento (T_1 , T_{10} , T_{25} , T_{50} , T_{75} y T_{90}). Del análisis de los datos se puede concluir que la velocidad de germinación de las semillas sometidas a la acción del campo magnético es mayor que la de las semillas no tratadas.

Palabras clave: germinación, guisante, magnetismo.

INTRODUCCIÓN

Desde una perspectiva agrícola, en el siglo pasado se empezaron a desarrollar investigaciones con la finalidad de determinar si la aplicación de un campo magnético podía tener consecuencias sobre el desarrollo y crecimiento de las plantas. Las investigaciones realizadas proporcionaron resultados, en ocasiones, contradictorios, es decir, la bibliografía recoge efectos tanto estimulantes como inhibitorios del campo magnético. Esto se justifica por el amplio rango de condiciones en los que puede aplicarse el campo magnético, dependiendo de que sea estacionario o variable, de la intensidad del mismo, del tiempo de exposición o de la especie vegetal tratada.

Con base en lo anteriormente expuesto, se ha considerado de interés continuar con la línea de trabajo relativa a la realización de ensayos tendentes a ir clarificando la influencia que tienen los campos magnéticos sobre las plantas. En este sentido, se ha acometido la ejecución del presente estudio, con el objetivo de determinar y cuantificar el posible aumento en la velocidad germinativa de semillas de guisante que han sido sometidas a la acción de un campo magnético estacionario de 125 mT y 250 mT durante diferentes tiempos de exposición.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han empleado semillas de guisante (*Pisum sativum*, L.) de la variedad *Baccara* suministradas por la Oficina Española de Variedades Vegetales.

Las semillas se han expuesto a campos magnéticos estacionarios, utilizando dos tipos de imanes en forma de cilindro hueco de cerámica con las siguientes dimensiones: diámetro exterior 7,5 cm y diámetro interior 3 cm, tanto en los imanes de inducción magnética de 125 mT como en los de 250 mT; y alturas respectivas de 1 cm y 1,5 cm. Las dosis aplicadas figuran en la Tabla 1.

Tabla 1. Dosis magnéticas aplicadas en función del tiempo de exposición y la inducción magnética.

Tiempo de exposición	0	1 minuto	10 minutos	20 minutos	1 hora	24 horas	Crónico
B1=125 mT	C	D1	D2	D3	D4	D5	D6
B2=250 mT	C	D7	D8	D9	D10	D11	D12

El ensayo se ha realizado a temperatura ambiente y con luz natural, teniendo en cuenta las recomendaciones especificadas para el guisante en las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas de la International Seed Testing Association (I.S.T.A.).

En el ensayo se utilizaron 60 semillas para cada uno de los doce tratamientos y control, distribuidas en cuatro placas Petri con 15 semillas cada una.

Las placas Petri empleadas fueron de material plástico desechables de 90 mm de diámetro, tapizadas con papel de filtro circular plano de 90 mm de diámetro y peso de 400 g/m², específico para pruebas de germinación de semillas.

Las semillas se dispusieron en las placas Petri colocando 15 semillas en cada una, con una disposición circular de diámetro comprendido entre los diámetros interior y exterior de los imanes. Para cada ensayo se utilizaron 52 placas con 15 semillas, 4 placas para cada tratamiento y otras 4 para el control. Antes de la colocación de las semillas en las placas, se había adicionado al disco de papel de filtro una cantidad de agua destilada determinada mediante ensayos previos.

El tratamiento magnético de las semillas se realizó tres horas después de la colocación de las semillas en las placas, situando estas últimas sobre el imán durante el tiempo correspondiente a las dosis D1-D5 y D7-D11. Se asignaron aleatoriamente 4 placas a cada tratamiento y todas se colocaron sobre el correspondiente imán al mismo tiempo, manteniéndose expuestas al campo magnético durante los tiempos anteriormente mencionados. Una vez realizados los tratamientos, las placas se distribuyeron al azar en la mesa central del laboratorio, en la que las condiciones de iluminación y temperatura eran homogéneas. En el caso de los tratamientos crónicos D6 y D12, las placas Petri se dispusieron sobre los imanes durante todo el periodo de ensayo y el resto de los tratamientos y los controles se colocaron sobre "imanes" falsos que se utilizaron como ciegos. En la distribución de forma aleatoria se tuvo en cuenta que el área de influencia del imán, de aproximadamente 30 cm, no afectase al resto de los tratamientos.

Para el seguimiento del proceso de germinación se fueron realizando conteos, estableciendo como criterio que una semilla había germinado cuando emergía más de 1mm. Las semillas germinadas se retiraban para facilitar conteos posteriores pero se disponían en otras placas para comprobar que proporcionaban plántulas normales; en caso de obtener una plántula anormal, se desechaba y se consideraba como no germinada.

Los parámetros utilizados para el análisis de velocidad germinativa fueron los siguientes:

- G_{máx}: porcentaje de semillas germinadas.
- N: número total de semillas utilizadas para cada tratamiento.
- TMG: tiempo medio de germinación. Se obtiene al integrar la curva de germinación o mediante la expresión

$$TMG = \frac{\sum n_i t_i}{\sum n_i}$$

donde t_i es el tiempo transcurrido desde la siembra y n_i el número de semillas germinadas en el intervalo de tiempo $t_i - t_{i-1}$.

- T₁, T₁₀, T₂₅, T₅₀, T₇₅, T₉₀: tiempo necesario para que germine el 1, 10, 25, 50, 75 y 90 %, respectivamente, del número de semillas utilizadas en cada tratamiento; por tanto, estos parámetros sirven como medida de la velocidad del proceso de germinación.

El análisis de datos para la determinación de los parámetros, así como para la obtención de las curvas de germinación, se ha llevado a cabo con el software Seedcalculator. El análisis estadístico considera el número de semillas empleadas como una variable aleatoria que se ajusta a una distribución t de Student, permitiendo la comparación de los parámetros de germinación para cada uno de los tratamientos magnéticos con el control, de acuerdo con el siguiente criterio: las diferencias son extremadamente significativas si $p \leq 0,001$, muy significativas si $0,001 < p \leq 0,01$ y significativas si $0,01 < p \leq 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras se sembraron el 5 de mayo de 2007, realizándose conteos los ocho días posteriores. Durante el transcurso del ensayo la temperatura máxima del laboratorio fue de 25 °C y la mínima de 21 °C. Las curvas de germinación se recogen en la Figura 1 y los resultados se recogen en la Tabla 2.

94

Figura 1. Curvas de germinación de semillas de *Pisum sativum* variedad *Baccara* expuestas a un campo magnético de 125 mT (D1 a D6), de 250 mT (D7 a D12) y control (C).

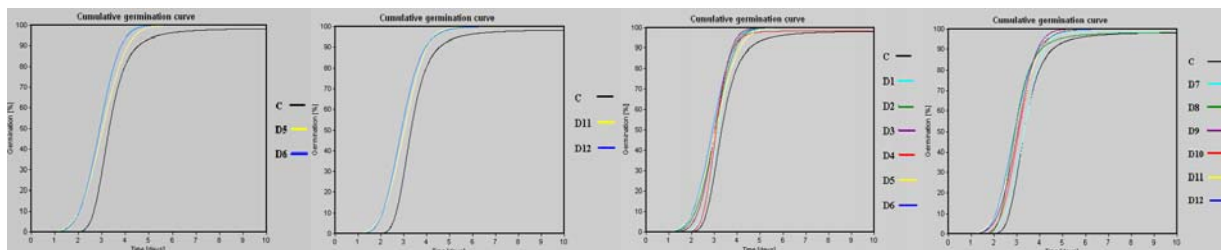


Tabla 2. Parámetros de germinación \pm error estándar. Sin exposición a campo magnético (C). Tiempos de exposición a un campo magnético de inducción 125 mT: 1 minuto (D1), 10 minutos (D2), 20 minutos (D3), 1 hora (D4), 24 horas (D5), exposición crónica (D6). Campo magnético de inducción 250 mT: 1 minuto (D7), 10 minutos (D8), 20 minutos (D9), 1 hora (D10), 24 horas (D11), exposición crónica (D12). Los asteriscos indican el nivel de significación de las diferencias respecto al control: $p \leq 0,001$ *; $0,001 < p \leq 0,01$ **; $0,01 < p \leq 0,05$ *; n.s.: no significativo.**

	G _{máx} (%)	T ₁ horas	T ₁₀ horas	T ₂₅ horas	T ₅₀ horas	T ₇₅ horas	T ₉₀ horas	TMG horas
C	98,3 \pm 1,7	54,00 \pm 2,88	63,60 \pm 1,44	70,56 \pm 0,72	79,44 \pm 0,24	91,44 \pm 0,72	109,20 \pm 1,92	83,52 \pm 1,68
D1	98,3 \pm 1,7 ^{n.s.}	46,80 \pm 1,44 ^{n.s.}	59,76 \pm 0,72*	67,44 \pm 0,48*	76,08 \pm 0,48**	84,48 \pm 0,96***	92,64 \pm 2,40**	75,60 \pm 1,20**
D2	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	36,00 \pm 4,08*	51,84 \pm 2,16**	61,68 \pm 1,20***	72,72 \pm 1,44**	84,00 \pm 2,40*	94,32 \pm 3,36**	72,96 \pm 1,20*
D3	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	40,32 \pm 3,36*	54,48 \pm 2,16*	62,88 \pm 1,68**	72,48 \pm 1,20**	81,84 \pm 1,68**	90,48 \pm 2,40***	72,48 \pm 1,44**
D4	98,3 \pm 1,7 ^{n.s.}	50,64 \pm 2,88 ^{n.s.}	60,24 \pm 1,68 ^{n.s.}	66,48 \pm 0,96*	73,92 \pm 0,72***	82,56 \pm 0,72***	92,16 \pm 1,68**	74,88 \pm 0,96**
D5	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	31,20 \pm 3,36**	48,72 \pm 2,16**	60,00 \pm 1,68***	72,96 \pm 0,96**	86,40 \pm 1,20**	98,64 \pm 1,44**	73,44 \pm 1,20**
D6	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	33,36 \pm 2,64**	48,96 \pm 1,68***	58,80 \pm 1,20***	69,84 \pm 0,24***	81,36 \pm 1,20***	91,68 \pm 2,40**	70,32 \pm 0,24***
D7	98,3 \pm 1,7 ^{n.s.}	44,40 \pm 2,88 ^{n.s.}	59,76 \pm 1,92*	68,88 \pm 1,68**	79,44 \pm 1,68*	90,24 \pm 1,68*	100,80 \pm 4,08 ^{n.s.}	79,44 \pm 1,68*
D8	98,3 \pm 1,7 ^{n.s.}	45,60 \pm 2,40 ^{n.s.}	54,96 \pm 2,40 ^{n.s.}	61,44 \pm 0,00**	69,84 \pm 0,00**	81,12 \pm 2,40**	97,20 \pm 9,60 ^{n.s.}	73,20 \pm 0,00**
D9	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	36,72 \pm 3,84*	52,08 \pm 1,44**	61,68 \pm 1,44**	72,48 \pm 2,40*	83,52 \pm 3,36 ^{n.s.}	93,60 \pm 2,88**	72,72 \pm 1,68**
D10	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	42,96 \pm 2,16*	55,68 \pm 1,20**	64,08 \pm 0,48***	73,92 \pm 0,72***	84,96 \pm 2,40*	96,48 \pm 4,80 ^{n.s.}	75,36 \pm 1,68*
D11	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	32,40 \pm 3,12**	49,44 \pm 2,16***	60,24 \pm 1,44***	72,48 \pm 1,20***	84,96 \pm 1,44***	96,24 \pm 2,40**	72,72 \pm 0,96**
D12	100 \pm 0,00 ^{n.s.}	35,76 \pm 3,60*	49,44 \pm 1,92***	58,56 \pm 0,96***	69,36 \pm 0,24***	81,84 \pm 0,96***	94,80 \pm 2,64*	71,28 \pm 1,44*

Las curvas de germinación del control y de los tratamientos (Figura 1), a partir de las cuales se calculan los parámetros de germinación, muestran la disminución en los tiempos (T₁...T₉₀) y, por tanto, la mayor velocidad en el proceso de germinación de los grupos cuyas semillas fueron tratadas. En la Tabla 2 se aprecia que las semillas que han recibido alguno de los tratamientos magnéticos presentan valores medios de todos los parámetros de germinación inferiores a los valores correspondientes al grupo control, si bien las diferencias existentes no siempre han resultado suficientes para concluir un efecto significativo, según el análisis estadístico, en todos los tratamientos.

El TMG del control (83,52 \pm 1,68 h) fue superior al del resto de los grupos, siendo las diferencias significativas para todos los tratamientos. El valor para dicho parámetro está comprendido entre un 84,19 \pm 0,28 % del control para D6 y un 95,11 \pm 2,01 % para D7.

Se observa también una disminución significativa respecto al control en el parámetro T₅₀ para todos los tratamientos. Las mayores diferencias con respecto al control (79,44 \pm 0,24 h) se producen para D12 (69,36 \pm 0,24 h), D6 (69,84 \pm 0,24 h) y D8 (69,84 \pm 0,00 h).

De la misma manera, se observa una reducción en los grupos tratados del número de horas necesarias para que germine el 25% de las semillas (T_{25}), encontrándose diferencias significativas que oscilan entre un $82,99 \pm 1,36$ % del control para D12 y un $97,6 \pm 2,38$ % del valor del control para D7.

En lo referente a T_{75} existen diferencias significativas para todos los tratamientos menos para D9.

Los valores de los parámetros T_1 y T_{10} y T_{90} obtenidos para los tratamientos son menores que los del control, lo que confirmaría que el proceso de germinación de las semillas tratadas se inicia con anterioridad y finaliza en un tiempo menor que las semillas sin tratar.

CONCLUSIÓN

En síntesis, se observa que en todos los tratamientos se produce una disminución, respecto al control, de los tiempos necesarios para alcanzar un determinado porcentaje de germinación. La velocidad de germinación de las semillas sometidas a la acción del campo magnético es, por tanto, mayor que la de las semillas no tratadas; siendo más significativas estas diferencias en las dosis D5, D6, D11 y D12. En consecuencia, la aplicación de campos magnéticos estacionarios en semillas de guisante puede suponer un adelanto en la germinación de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

- Akoyunoglou G. (1964) "Effect of a magnetic field on carboxydimutase". Nature 4931, 452-454.
- Aladjadjiyan A. (2002) "Study of the influence of magnetic field on some biological characteristics of *Zea mais*". J. Central European Agriculture 3(2), 89-94.
- Aladjadjiyan A., et al. (2003) "Influence of stationary magnetic field on the early stages of development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum*, L)". J. Central European Agriculture 4(2), 132-136.
- Carbonell M.V., et al. (2000) "Stimulation of germination in rice (*Oryza sativa*, L.) by a static magnetic field". Electro-and Magnetobiology 19(1), 121-128.
- Florez M., et al. (2007) "Exposure of maize seeds to stationary magnetic field: effects on germination and early growth". Environmental and Experimental Botany 59, 68-75.
- Kavi P.S. (1977) "The effect of magnetic treatment of soybean seed on its moisture absorbing capacity". Science and Culture 43, 405-406.
- Levedev S.I., et al. (1975) "Physiobiochemical characteristics of plants after presowing treatment with a permanent magnetic field". Soviet Plant Physiol, 22, 84-90.
- Martinez E., et al. (2002) "Magnetic biostimulation of initial growth stages of wheat (*Triticum aestivum*, L.)". Electromagnetobiology and Medicine 21(1), 43-53.
- Nedialkov N., et al. (1996) "Pre-sowing treatment of seeds by magnetic field".
- Phirke P.S., et al. (1996) "The influence of magnetic field on plant growth". Seed Science & Technology 24, 375-392.
- Pietruszewski S. (1996) "Effects of magnetic biostimulation of wheat seeds on germination, yield and proteins". Int. Agrophysics 10 (1), 51-55.
- Podlesni J., et al. (2004) "Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental plot conditions". International Agrophysics 18(1), 65-71.
- Soltani F., et al. (2006) "Effect of magnetic field on *Asparagus officinalis* L. seed germination and seedling growth". Seeds Science and Technology 34, 349-353.
- Soltani F., et al. (2006) "Effect of magnetic field on *Ocimum basilicum* seed germination and seedling growth". ISHS Acta Horticulturae 723, 60.
- Yinan L., et al. (2005) "Effect of seed pre-treatment by magnetic field on the sensitivity of cucumber seedlings to ultraviolet-B radiation". Environmental and Experimental Botany 54(3), 286-294.